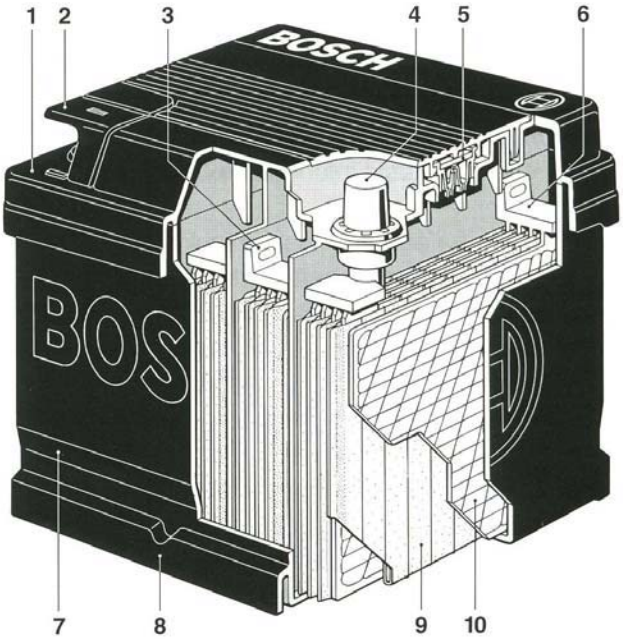
Business Unit

EVOLUCION-@
FORMACIÓN PARA EL FUTURO
GRUPO FIAT

AUTOMOCIÓN

SISTEMAS DE TRANSMISIÓN, SEGURIDAD Y CONFORTABILIDAD



ACUMULADORES, RECARGA Y ARRANQUE

ÍNDICE

ACUMULADORES....01
· COMPONENTES DEL ACUMULADOR....02
· CELDAS....03
· ELECTRODOS....03
· ELECTROLITO....03
· CONTENEDOR Y TAPA....04
· REJILLAS....04
· MATERIA ACTIVA....04
· PLACA....04
· SEPARADORES....04
· ELEMENTOS....05
· CICLO DE FUNCIONAMIENTO DE UN ACUMULADOR....05
· FASE DE DESCARGA....05
· FASE DE RECARGA....06
· REQUISITOS FUNCIONALES....07
· CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS DE UN ACUMULADOR....07
· TENSIÓN NOMINAL....07
· TENSIÓN CON CIRCUITO ABIERTO....07
· CAPACIDAD (Ah)....07
· INTENSIDAD DE DESCARGA RÁPIDA EN FRÍO (A)....08
· RESISTENCIA INTERNA....08
· EJEMPLO DE RESISTENCIAS INTERNAS....09
· PRUEBAS ELÉCTRICAS EN ACUMULADORES AL PLOMO....10
· CAPACIDAD EFECTIVA....10
· RESERVA DE CAPACIDAD....11
· MÍNIMA ACEPTACIÓN DE CARGA....12
· DESCARGA RÁPIDA EN FRÍO....12
· PRUEBA DE DURACIÓN....13
· FUNCIONAMIENTO DEL HIDRÓMETRO ÓPTICO....14
· FUNCIONAMIENTO....14
· CARACTERÍSTICAS....14
· ANOMALÍAS DE FUNCIONAMIENTO DE LOS ACUMULADORES....15
ALTERNADOR....16
· FUNCIÓN DEL ALTERNADOR....17

ÍNDICE

· PRINCIPIOS FUNCIONALES DEL GENERADOR ELECTROMECÁNICO 18
· ALTERNADOR TRIFÁSICO 22
· CORRIENTE TRIFÁSICA 23
· CONEXIÓN DEL GENERADOR EN ESTRELLA 25
· CONEXIÓN DEL GENERADOR EN TRIÁNGULO 26
· RECTIFICACIÓN DE LA TENSIÓN GENERADA POR EL ALTERNADOR 27
· ESTRUCTURA DEL ALTERNADOR 32
· ESTATOR 33
· ROTOR 34
· PUENTE RECTIFICADOR 35
· DIODOS DE EXCITACIÓN 35
· REGULADOR DE TENSIÓN 36
· CIRCUITOS ALTERNADOR 37
· CIRCUITO CORRIENTE DE CARGA 38
· CIRCUITO DE EXCITACIÓN 39
· CIRCUITO DE PRE-EXCITACIÓN 40
· LÁMPARA-ESPÍA DEL GENERADOR 41
· PRINCIPIO DE REGULACIÓN 42
· FUNCIONAMIENTO DEL REGULADOR ELECTRÓNICO 43
· COMPENSACIÓN TÉRMICA 47
· CURVA DE COMPENSACIÓN TÉRMICA 47
· TIPOS DE REGULADORES 48
· REGULADORES POLIVALENTES 48
· VENTILADOR DE REFRIGERACIÓN 49
· RODAMIENTOS 49
· TAPA POSTERIOR 49
· CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS ALTERNADORES 50
· TENSIÓN NOMINAL 50
· CURVA DE SUMINISTRO 50
· INTENSIDAD NOMINAL 51
· ZONA DE TRABAJO 52
· ANOMALÍAS DE FUNCIONAMIENTO DE LOS ALTERNADORES 53
MOTOR DE ARRANQUE 54
· EXIGENCIAS DEL MOTOR TÉRMICO 56

ÍNDICE

· CARACTERÍSTICAS DE UN MOTOR DE ARRANQUE 56
· PAR MOTOR.....57
· PAR DE ARRANQUE 57
· CONSUMO DE CORRIENTE 57
· TENSIÓN DE ALIMENTACIÓN 57
· VELOCIDAD NECESARIA PARA EL ARRANQUE 58
· DURACIÓN DEL ARRANQUE 59
· FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR DE ARRANQUE 59
· PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO.....59
· FUERZA ELECTROMAGNÉTICA EN UN CONDUCTOR 60
· VALOR DE LA FUERZA ELECTROMAGNÉTICA 61
· MOTOR DE EXCITACIÓN COMPUESTA.....63
· MOTOR DE EXCITACIÓN COMPUESTA DE FLUJO ADICIONAL 64
· CARACTERÍSTICAS GENERALES 65
· ESTRUCTURA 65
· EL MOTOR ELÉCTRICO 67
· EXCITACIÓN DEL MOTOR 68
· SOPORTES, INDUCIDO Y EXPANSIONES POLARES 69
· ESCOBILLAS Y COLECTOR 69
· CAMPO MAGNÉTICO 70
· VENTAJAS DE LA EXCITACIÓN MAGNÉTICA.....70
· VENTAJAS DE LA EXCITACIÓN ELÉCTRICA 70
· ASPECTOS PROBLEMÁTICOS DE LA EXCITACIÓN MAGNÉTICA 70
· EL REDUCTOR 71
· TELERRUPTOR DE ACOPLAMIENTO 72
· CONSTITUCIÓN DEL TELERRUPTOR DE ACOPLAMIENTO 73
· DEVANADO INDUCTOR DEL TELERRUPTOR DE ACOPLAMIENTO 74
· GRUPO DE ACOPLAMIENTO DE MANDO ELECTROMAGNÉTICO 76
· RUEDA LIBRE 80
· POTENCIA DEL MOTOR DE ARRANQUE 81
· VERIFICACIÓN DE LA POTENCIA DEL MOTOR DE ARRANQUE 81
· PUNTO DE TRABAJO 81
· ESQUEMA ELÉCTRICO 82
· DATOS CARACTERÍSTICOS DEL MOTOR M. MARELLI E 100 - 1,5 KW - 12 V 83

ÍNDICE

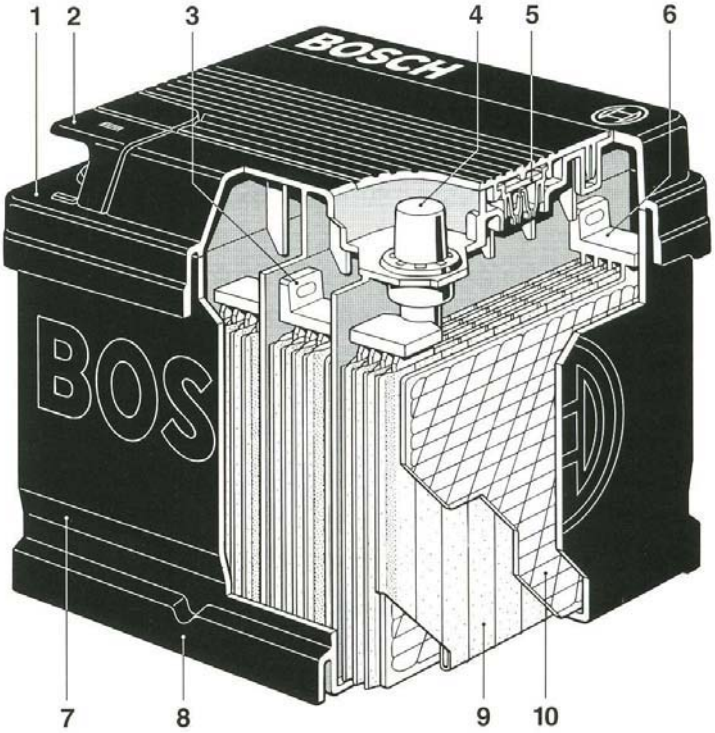
· DIAGRAMA PRESTACIONES DEL MOTOR M. MARELLI E 100 – 1,5 KW – 12 V.....84
· ANOMALÍAS DE FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR DE ARRANQUE.....85

ACUMULADORES

La batería es un contenedor de energía electroquímica que sirve principalmente para suministrar energía eléctrica al motor de arranque para encender el motor térmico, a los mandos y servicios que también pueden activarse con el motor apagado, y a todos aquellos dispositivos que tienen un consumo permanente (por ejemplo, el reloj, el bloqueo de puertas, el antirrobo, etc.). La energía consumida se recupera con el sistema de recarga (alternador/regulador).
La batería forma parte del sistema de puesta en marcha y recarga y su tamaño depende de las características eléctricas del motor de arranque; sin embargo, su capacidad y las cargas de los servicios presentes en el vehículo se determinan en función del alternador al que la batería está conectada en paralelo.
La batería es un generador electroquímico secundario, llamado comúnmente acumulador, capaz de absorber energía eléctrica durante el período de carga y de suministrar energía eléctrica durante el período de descarga. Esta energía es acumulada/liberada por unas reacciones especiales de oxidación-reducción que se realizan en los electrodos. Suele llamarse "baterías de arranque" a los acumuladores al plomo cuya principal aplicación se encuentra en los automóviles, para los servicios combinados de puesta en marcha de los motores de combustión interna, la iluminación y los servicios auxiliares. Éstos deben ser diseñados y fabricados para cumplir estos requisitos, que comportan:

- Suministro de intensidad elevada.
- Resistencia mecánica a los golpes y vibraciones.
- Funcionamiento en un rango de temperatura comprendido entre –25°C y +55°C.

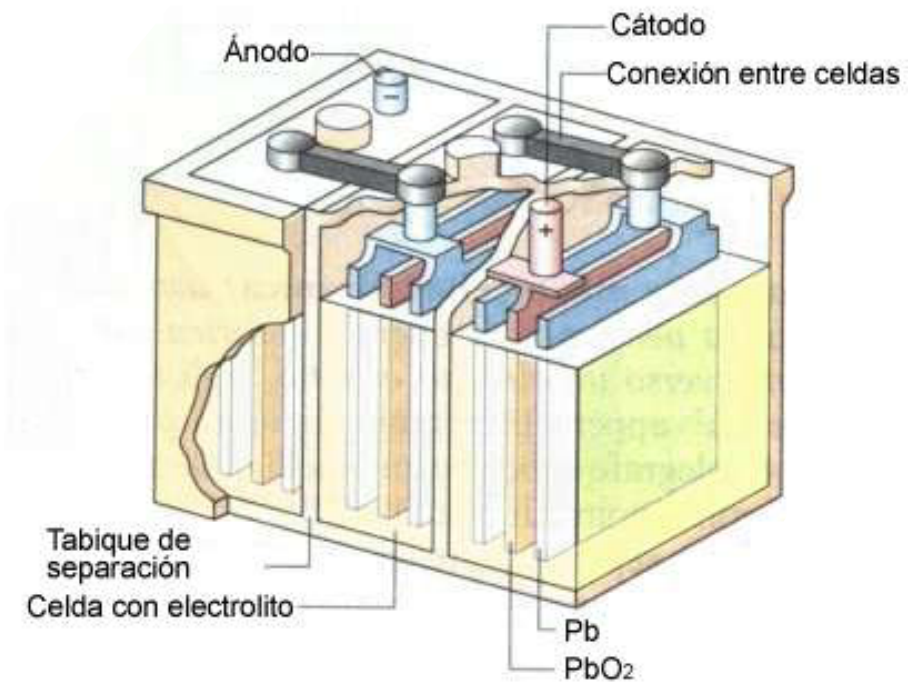
COMPONENTES DEL ACUMULADOR



1. Tapa.
2. Protección bornes batería.
3. Conector directo entre elementos.
4. Bornes.
5. Tapón de cierre.
6. Conector de placas (positivas-negativas).
7. Caja.
8. Guía inferior.
9. Placas positivas con hojas de plástico separadoras.
10. Placas negativas.

Componentes de la batería
Imagen cedida amablemente por Bosch

CELDAS



La configuración interna del acumulador al plomo es de celdas, tal como muestra la figura, aunque para un acumulador de 12 Voltios habrá 6 celdas en lugar de las 3 que muestra la figura.

ELECTRODOS

Estructura de rejillas que funciona como colector de intensidad eléctrica y soporte de la materia activa, sede de las reacciones electroquímicas.

ELECTROLITO

Solución de ácido sulfúrico en la que están sumergidas las placas, y en la que se difunden los iones implicados en las reacciones electroquímicas. El electrolito puede ser libre (batería de ácido libre tradicional) o absorbido en separadores de fibras de vidrio (batería sellada de recombinación).

CONTENEDOR Y TAPA

El contenedor, que también hace de separador entre las 6 celdas que contienen los grupos de placas, es de plástico de tipo copolímero propileno-etileno y presenta una elevada resistencia mecánica y a la acción de ácidos, disolventes, aceites, etc. La tapa también es de polipropileno y está termosoldada al contenedor, con lo que consigue una elevada estanqueidad mecánica a las vibraciones y es hermética frente a las posibles fugas de electrolito.

REJILLAS

Las rejillas tienen una doble función: sostener la materia activa y conducir la intensidad. Están hechas con un material conductor de electricidad, poseen suficiente resistencia mecánica y química a la acción del ácido sulfúrico.
La rejilla puede estar hecha con una aleación de plomo-antimonio o plomo-calcio por fusión y estiramiento. En la actualidad el antimonio se añade en porcentaje mínimo respecto al pasado para reducir el desarrollo de gases y, por lo tanto, el consumo de electrolito con la consiguiente autodescarga de la batería.

MATERIA ACTIVA

Es el principal componente sólido en el que tienen lugar las reacciones electroquímicas que son la base del funcionamiento de la batería. Se aplica en las rejillas para obtener las placas.
La diferencia fundamental de la placa negativa respecto a la positiva es la presencia de los expansores que permiten que la materia activa se haga "esponjosa", para facilitar la penetración del electrolito y mejorar las prestaciones de la batería.

PLACA

Es la unidad que, por sí misma o junto a otras iguales, constituye uno de los electrodos. Cada placa está formada por una rejilla de soporte y por materia activa.

SEPARADORES

Para impedir que las placas positivas y negativas se pongan en contacto, pudiendo provocar cortocircuitos internos, se interponen unos finos diafragmas llamados separadores, que al mismo tiempo deben permitir el paso del electrolito entre las placas.

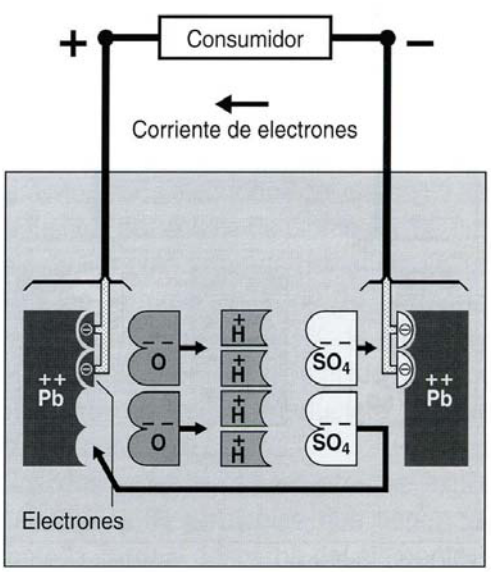
ELEMENTOS

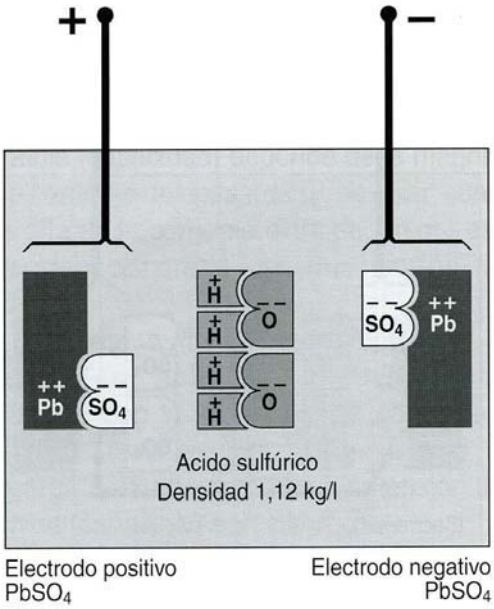
Cada uno de los elementos está formado por un conjunto de placas positivas y negativas y por separadores. Las placas positivas y negativas de cada grupo están soldadas entre sí en paralelo mediante un puente y los elementos están unidos en serie mediante conectores.
Cada elemento suministra una tensión nominal de 2 Voltios. Una de las magnitudes eléctricas que define la batería es la cantidad de electricidad que puede suministrar. Ésta no sólo depende de los materiales, sino también de la cantidad de materia activa que entra en reacción, es decir, de la superficie de las placas.
Para aumentar esta superficie se puede intervenir en la superficie de cada una de las placas o en el número de placas conectadas en paralelo en cada elemento.

CICLO DE FUNCIONAMIENTO DE UN ACUMULADOR

FASE DE DESCARGA

Durante la descarga del acumulador el paso de intensidad da lugar a las siguientes transformaciones:



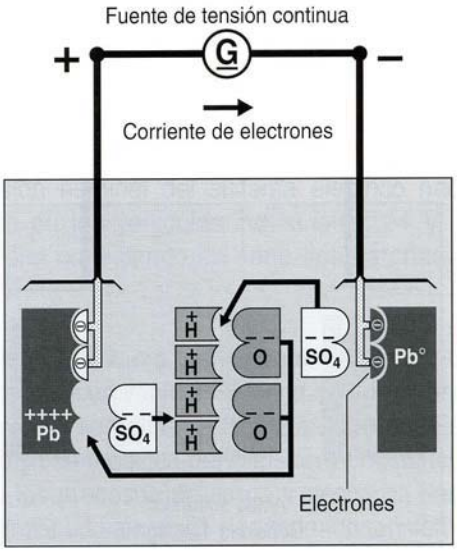


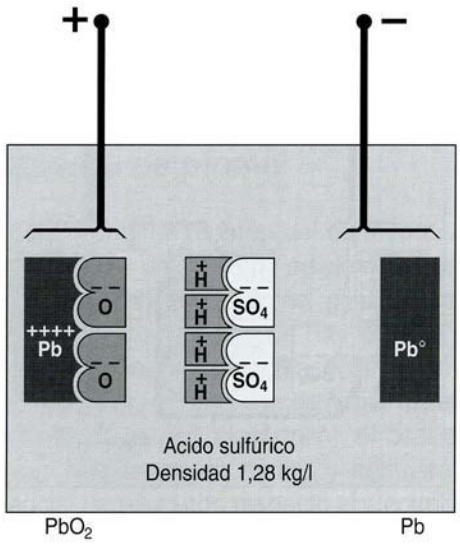
Proceso de descarga — Elemento descargado

Imagenes cedidas amablemente por Bosch

- En las placas positivas parte del bióxido de plomo se combina con el ácido sulfúrico y se transforma en sulfato de plomo, formando agua que diluye el electrolito.
- En las placas negativas parte del plomo se combina con el ácido sulfúrico y se transforma en sulfato de plomo.

FASE DE RECARGA





Proceso de carga — Elemento cargado

Imagenes cedidas amablemente por Bosch

Durante la fase de recarga tienen lugar reacciones opuestas, el sulfato de plomo que se encuentra en ambas partes se transforma en bióxido en la positiva y en plomo esponjoso en la negativa, liberando ácido sulfúrico que hace aumentar la densidad del electrolito. A medida que avanza la recarga el sulfato de plomo se transforma totalmente en bióxido de plomo y plomo esponjoso, y al final empieza a formarse respectivamente oxígeno e hidrógeno en las placas, que son muy perjudiciales para el acumulador:

- Aumento de la corrosión de las rejillas (sobrecarga).
- Pérdida excesiva de agua debido a la disociación de los gases y, en consecuencia, necesidad de reponer el agua.
- Riesgo de explosión por los gases generados.

Debido a que el proceso de carga de un acumulador para automóvil depende de una reacción química tiene que preverse una cierta velocidad de recarga. Normalmente, la velocidad de recarga está unida a la capacidad del acumulador según la siguiente regla:

Corriente de recarga = 1/10 de la capacidad del acumulador

Así pues, una batería de 50Ah debería cargarse con 5A durante 10 horas. En este sentido, conviene recordar que si se realizan recargas o descargas muy rápidas la vida media de la batería se reduce.

REQUISITOS FUNCIONALES

A continuación se detallan los requisitos medioambientales que aseguran los ciclos de funcionamiento descritos anteriormente y, en consecuencia, el empleo correcto del acumulador en el automóvil.

- Temperatura de funcionamiento en descarga (*): de –30°C a +55°C.
- Temperatura de almacenamiento producto: de –05°C a +30°C.
- Temperatura de almacenamiento vehículo: de –40°C a +85°C.

(*) En dicho intervalo se permite una variación de las prestaciones.

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS DE UN ACUMULADOR

TENSIÓN NOMINAL

En las baterías para automóviles es de 12 Voltios (V).

TENSIÓN CON CIRCUITO ABIERTO

(O.C.V. = Open Circuit Voltage)
Es la diferencia de potencial medida en los bornes de la batería con circuito abierto, después de un tiempo de estabilización mínimo de 4 horas. Para un acumulador cargado debería ser O.C.V. ≥ 12,7 V.

CAPACIDAD (Ah)

Es la cantidad de carga que puede obtenerse descargando un acumulador a un régimen determinado (intensidad de descarga), hasta alcanzar una tensión preestablecida. Para las baterías de arranque las normas internacionales valoran la capacidad de descarga en 20 horas (C_{20}); se considera terminada la descarga cuando la tensión desciende por debajo de 1,75V por cada elemento de la batería.
Como ya se ha explicado, un acumulador se caracteriza por su capacidad. En el caso de los automóviles, la capacidad de las baterías, que suelen ser al plomo, se expresa en:

Ah (Amperios hora) es decir $Q = I\ t$

Cuando se habla de una batería de 60Ah quiere decir que ese acumulador es capaz, teóricamente, de suministrar una corriente de 60A durante una hora sin que la tensión en sus polos descienda por debajo de un valor predeterminado.
Por ejemplo, en el caso de puesta en marcha de un vehículo, se podría consumir una corriente de 300A durante un tiempo máximo de 60 segundos. Para suministrar esa intensidad sería suficiente una batería de 5Ah.

INTENSIDAD DE DESCARGA RÁPIDA EN FRÍO (A)

Da una indicación de la potencia que puede suministrar la batería y, por lo tanto, de la actitud para el arranque del motor del vehículo. La valoración se obtiene descargando una batería completamente cargada a –18°C con una intensidad constante preestablecida. Esto se cuantifica con dos valores:

- Tensión medida después de 10, 30 y 60 segundos de descarga.
- Tiempo en segundos utilizado por la batería para alcanzar la tensión final de la prueba.

RESISTENCIA INTERNA

Representa la resistencia eléctrica interna del acumulador y es la responsable de la reducción de tensión como consecuencia de un fuerte consumo. Este parámetro no aparece en los datos característicos del dispositivo pero es el indicador principal del estado del acumulador. De hecho, una batería cargada pero deteriorada presenta una resistencia interna más alta que otra en buen estado, que crea una fuerte caída de tensión tras un consumo incluso modesto.

EJEMPLO DE RESISTENCIAS INTERNAS

En la siguiente tabla se indican algunos valores típicos de resistencias internas que se adoptan únicamente como referencia dimensional.
Los valores de resistencia se refieren a acumuladores cargados al 70%. Estos valores se aportan exclusivamente como ejemplo, y podrían ser muy diferentes entre un tipo de acumulador y otro.
Nótese la curva de los valores de resistencia interna al variar la temperatura de funcionamiento con el mismo acumulador.
En negrita se destacan las baterías que utilizan los fabricantes para medir las prestaciones de los motores de arranque.

BATERÍA		RESISTENCIA INTERNA [mohmios]				
C_{20} [Ah]	Isc (-18°C) [A]	-25°C	-18°C	-10°C	-5°C	20°C
32	150	21.9	19	16,7	15,6	13
36	175	13,7	11,9	10,5	9,8	7,7
40	200	15,5	13,5	11,9	11,1	9
45	225	12,4	10,8	9,5	8,9	7,5
50	250	13,5	11,7	10,3	9,6	8
50	300	13,6	11,8	10,4	9,7	7,3
60	320	12,1	10,5	9,2	8,6	7,1
60	380	10	8,7	7,7	7,1	6
60	400	8,6	7,5	6,6	6,1	5,5
70	400	9,2	8	7	6,6	5,5
70	450	7,5	6,5	5,7	5,3	5
110	470	6,3	5,5	4,9	4,6	4,5

Vínculo batería – motor de arranque:	
Batería [Ah – A]	Motor de arranque [kW]
50 – 300	0,8 – 0,9
60 – 400	1 – 1,1 – 1,4
70 – 450	1,7 – 1,8 – 2
110 – 470	2,2 – 2,3

PRUEBAS ELÉCTRICAS EN ACUMULADORES AL PLOMO

A continuación se indican algunas de las pruebas que se pueden efectuar en un acumulador al plomo para determinar su estado de funcionamiento.
Estas pruebas suelen realizarse como control de los suministros pero sus parámetros también pueden utilizarse para valorar el estado de un acumulador.

CAPACIDAD EFECTIVA

Para verificar la capacidad efectiva de un acumulador hay que efectuar una descarga lenta y medir el tiempo necesario para alcanzar una determinada tensión en los bornes. En la tabla se resumen los símbolos y las magnitudes que deben tomarse en consideración para determinar la capacidad efectiva. El valor de capacidad efectiva que debe tener una batería nueva es:

$$C_e \geq 0{,}95\ C_n$$

Magnitud	Símbolo	Valor	Ejemplo
Capacidad nominal de la batería	C_n	-	por ej. 60Ah
Intensidad de descarga lenta	I_n	0,05 x C_n	por ej. 3A
Tensión final en los bornes	V_f	10,5 ± 0,05 V	-
Temperatura del electrolito durante la prueba	T	25 ± 2 °C	-
Capacidad efectiva	C_e	I_n x Tiempo de descarga	-

NOTAS: *Evidentemente, una batería que haya pasado por varios ciclos de carga-descarga tendrá menos capacidad efectiva que una batería nueva. La finalidad didáctica de esta prueba es comprender el significado de capacidad de un acumulador.*

RESERVA DE CAPACIDAD

Con esta prueba se verifica el funcionamiento del acumulador simulando un consumo típico.
La prueba consiste en descargar con una intensidad constante (I_{RC}) el acumulador y en la medida del tiempo utilizado para alcanzar la tensión final (V_F). En la tabla se indican los valores de tiempo prescritos para un acumulador nuevo.

Magnitud	Símbolo	Valor
Intensidad constante de descarga	I_{RC}	25 ± 0,25 A
Temperatura del electrolito	T	25 ± 2 °C
Tensión final	V_F	10,5 ± 0.05 V

Capacidad Nominal [Ah]	Tiempo [min]
30	45
40	62
50	80
60	99
70	119
90	162
100	185

MÍNIMA ACEPTACIÓN DE CARGA

Esta prueba verifica el nivel de consumo del acumulador cuando se está cargando. Para realizar la prueba hay que haber descargado lentamente el acumulador en frío y poner el cargador de baterías tal como se indica en la tabla.
El consumo mínimo durante la recarga se verifica 10 minutos después del inicio del procedimiento.

Magnitud	Símbolo	Valor
Temperatura del electrolito	T	0 ± 1 °C
Tensión de carga	V_c	14,4 V
Intensidad inicial Máx.	I_{max}	60 A
Consumo después de 10 min. de carga	-	≥ 0,20 x C_n [A]

DESCARGA RÁPIDA EN FRÍO

La prueba consiste en efectuar la descarga con una intensidad constante al valor nominal, midiendo los valores de tensión y el tiempo necesario para alcanzar el valor final de 7,2V.
La tensión se mide después de 10, 30 y 60 segundos, y el tiempo de descarga se mide cuando se alcanza la tensión final.
Recuerde que los valores de la tabla se refieren a un acumulador nuevo.

Magnitud	Símbolo	Valor
Temperatura del electrolito	T	-18 ± 1 °C
Tensión final	V_F	7,2 V
Tensión después de 10s		≥ 9,0 V
Tensión después de 30s		≥ 8,9 V
Tensión después de 60s		≥ 8.6 V
Tiempo necesario para alcanzar VF		≥ 100 s

PRUEBA DE DURACIÓN

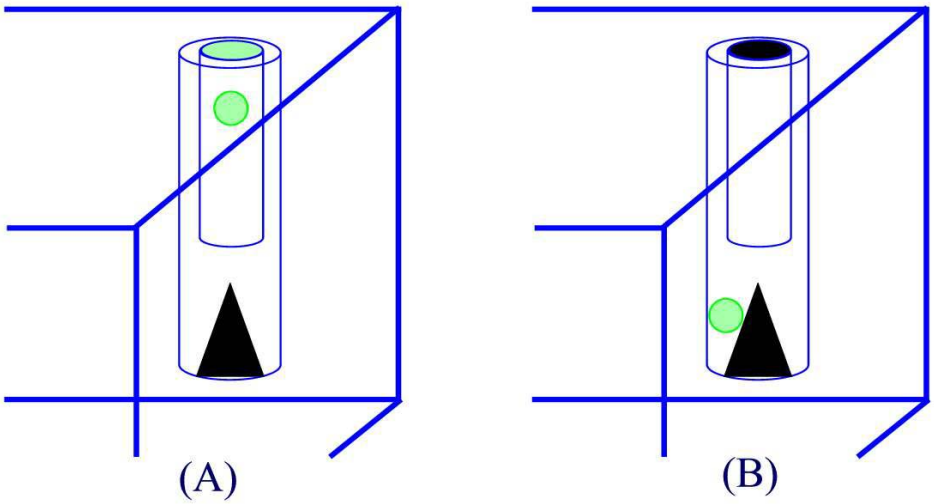
La prueba consiste en simular un ciclo de uso del acumulador con recargas y descargas completas, tanto lentas como rápidas, microciclos de recarga y descarga parciales, sobrecarga, pruebas de vibración, etc.
En realidad, se intenta simular una utilización típica del acumulador en el automóvil. Lo interesante es la diferencia de parámetros requeridos para la prueba de descarga rápida en frío indicados en la siguiente tabla.
Compárense estos valores con los de la prueba anterior referidos a un acumulador nuevo.

Magnitud	Valor
Tensión después de 30s de descarga rápida	≥ 8,2 V
Tiempo necesario para alcanzar VF	≥ 40 s
Pérdida total de peso	≥ 7,5g x C_n

FUNCIONAMIENTO DEL HIDRÓMETRO ÓPTICO

La función del hidrómetro óptico es señalar el estado aproximado de carga del acumulador. El funcionamiento del dispositivo está basado exclusivamente en la medición de la densidad del electrolito.
La densidad del electrolito indica el estado de carga del acumulador ya que, como se ha descrito anteriormente, durante la descarga se produce agua que diluye la mezcla, y durante la recarga se forma un ácido que aumenta su densidad.

FUNCIONAMIENTO



El hidrómetro óptico está formado por un cilindro hueco sumergido verticalmente en el electrolito en cuyo interior se mueve una bola verde con una densidad de 1,235g/cm^3. Por encima del cilindro hay una ventana transparente que permite observar desde el exterior la posición de la bola.
Cuando la densidad del electrolito es mayor que la de la bola (batería cargada, fig. A) la bola flota y por la ventana se verá el color verde. En cambio, cuando la densidad es inferior (batería descargada, fig. B) la bola se hunde en el cilindro y el color verde desaparece de la ventana.

CARACTERÍSTICAS

Cuando la batería se está descargando, el paso del color verde a negro debe producirse en un intervalo entre el 70% y el 55% del estado de carga, mientras que durante la fase de recarga el paso de negro a verde debe realizarse entre el 70% y el 85% del estado de carga.

ANOMALÍAS DE FUNCIONAMIENTO DE LOS ACUMULADORES

En la siguiente tabla se resumen algunas anomalías de funcionamiento de los acumuladores con las causas posibles que las originan.

Anomalía observada	Posibles causas de la anomalía	Característica relacionada con la causa de la anomalía
Dificultades para poner en marcha el motor El motor no se pone en marcha	Carga insuficiente	Autodescarga
	Falta electrolito por elevado consumo de agua	Consumo de agua
	Intensidad de descarga rápida insuficiente	Envejecimiento Valor insuficiente de intensidad de descarga rápida de la batería
	Interrupción contacto eléctrico interno	Consumo de agua Envejecimiento
	Cortocircuito interno	Envejecimiento
	La materia activa se separa de las placas	Envejecimiento
	Bornes flojos y/o desconectados	Par de apriete Resistencia a las vibraciones Oxidación de los bornes
	Temperatura operativa baja o elevada	Rango de temperatura operativa
Explosión	Excesiva presión interna	Duración vida Proyecto del proveedor
	Falta electrolito	Consumo de agua
	Ensamblaje defectuoso de las partes que componen la batería	Proceso del proveedor
	Deformación mecánica	Duración vida
Ruido Desplazamiento del alojamiento	Hundimiento del contenedor	Temperatura máxima de funcionamiento
	Fijación incorrecta	Posicionamiento y apriete bridas
	Fijación floja	Tuerca o tornillo sueltos Valor del par de apriete